УДК: 534.21:537.226.86 https://doi.org/10.15407/jai2025.01.069

С. В. Сімченко[1], Г. В. Лиходєєва[2], В. В. Левченко[3], С. В. Морозова[4], Н. Г. Демченко[5]
[1,2,4]Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Україна
вул. Солом'янська, 7, м. Київ, 03110
[3]Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
вул. Героїв оборони, 15, м. Київ, 03041
[5]Центр дитячо-юнацької творчості імені Євгенії Максимівни Руднєвої відділу освіти виконавчого комітету Бердянської міської ради Запорізької області, Україна
пр. Праці, 24/56, м. Бердянськ, Запорізька обл., 71118 (тимчасово перебуває в м.Запоріжжі)
[1]sstehnology85@gmail.com
[1]https://orcid.org/0009-0005-5280-7564
[2]https://orcid.org/0000-0002-2065-0217
[3]https://orcid.org/0000-0003-1225-5844
[4]https://orcid.org/0000-0002-6257-0450

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ В ОСВІТНІЙ, НАУКОВІЙ ТА ДОСЛІДНИЦЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Анотація: У статті розглянуто роль великих мовних моделей у сфері освіти, науки та досліджень. Проаналізовано переваги використання штучного інтелекту для персоналізованого навчання, автоматизації оцінювання, підтримки викладачів і дослідників. Особливу увагу приділено можливостям аналізу великих масивів даних, класифікації наукової інформації та створенню навчальних матеріалів. Визначено основні виклики та обмеження використання мовних моделей в академічній діяльності. Дослідження підкреслює потенціал технологій, керованих ШІ, для підвищення ефективності та доступності освіти та досліджень. Крім того, обговорюються етичні наслідки та ризики використання штучного інтелекту для генерування знань. У статті досліджується вплив великих мовних моделей на наукові відкриття, наголошується на їхній ролі в сприянні перегляду літератури, створенні гіпотез і академічному пошуку. Незважаючи на значні переваги великих мовних моделей, занепокоєння щодо використання штучного інтелекту, конфіденційності даних і необхідності людського контролю залишаються критичними. Отримані результати свідчать про те, що збалансований підхід, який об’єднує інструменти штучного інтелекту з досвідом людини, може максимізувати ефективність мовних моделей в освіті та науковій діяльності.

Ключові слова: великі мовні моделі, штучний інтелект, освіта, наука, дослідження, автоматизація.

S. Simchenko[1], H. Lykhodieieva[2], V. Levchenko[3], S. Morozova[4], N. Demchenko[5]
[1,2,4]State University of Information and Communication Technologies, Ukraine
7, Solomyanska St., Kyiv, 03110
[3]National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
15, Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041
[5]Center for Children and Youth Creativity named after E.M. Rudneva of the Executive Committee of the Berdyansk City Council of Zaporizhzhia Region.
24/56 Pratsi Ave., Berdyansk, Zaporizhia region, 71118
[1]sstehnology85@gmail.com
[1]https://orcid.org/0009-0005-5280-7564
[2]https://orcid.org/0000-0002-2065-0217
[3]https://orcid.org/0000-0003-1225-5844
[4]https://orcid.org/0000-0002-6257-0450

USING LARGE LANGUAGE MODELS IN EDUCATIONAL, SCIENTIFIC, AND RESEARCH ACTIVITIES

Abstract: The article examines the role of large language models in the fields of education, science, and research. The advantages of using artificial intelligence for personalized learning, automated assessment, and support for educators and researchers are analyzed. Special attention is given to the capabilities of analyzing large datasets, classifying scientific information, and generating educational materials. The main challenges and limitations of using language models in academic activities are identified. The study highlights the potential of AI-driven technologies to enhance the efficiency and accessibility of education and research. Additionally, the ethical implications and risks of relying on AI for knowledge generation are discussed. The article explores the impact of large language models on scientific discovery, emphasizing their role in facilitating literature reviews, hypothesis generation, and academic writing. Despite the significant benefits, concerns regarding biases in AI models, data privacy, and the need for human oversight remain critical. The findings

suggest that a balanced approach integrating AI tools with human expertise can maximize the effectiveness of language models in educational and scientific settings.

Keywords: large language models, artificial intelligence, education, science, research, automation, personalization.

Вступ

Штучний інтелект (ШІ) впродовж останніх десятиліть став однією з найважливіших технологій, що впливає на всі аспекти суспільного життя. Розвиток ШІ відкриває нові горизонти в освіті, науці та дослідженнях, особливо в контексті великих мовних моделей (ВММ), таких як GPT, BERT, T5, що дозволяють обробляти та генерувати природну мову на високому рівні. Стаття досліджує вплив ВММ на освітню, наукову та дослідницьку діяльність.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В роботах [1-2] показано, що штучний інтелект не тільки спрощує повсякденні завдання, але й відкриває нові горизонти у сфері освіти, науки та досліджень. Вчені багатьох країн світу зробили висновок, що штучний інтелект (ШІ) впродовж останніх десятиліть став однією з найважливіших технологій, що впливає на всі аспекти суспільного життя. Він набув широкого застосування у навчальних закладах, дослідницьких центрах та наукових інституціях. Його здатність швидко аналізувати дані, генерувати навчальні матеріали, прогнозувати результати та підтримувати викладачів і науковців у виконанні рутинних завдань змінює сучасний підхід до навчання й досліджень.

У роботах [3-4] досліджено здатність великих мовних моделей (ВММ), таких як GPT (Generative Pre-trained Transformer), BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), T5 (Text-to-Text Transfer Transformer) та інших обробляти та генерувати природну мову на дуже високому рівні, що робить їх незамінними інструментами для автоматизації складних текстових завдань, аналізу великих обсягів інформації та створення нових знань.

У роботах [7-8] обґрунтовано доцільність використання викладачами мовних моделей у створенні тестів та завдань, автоматично генеруючи питання на основі навчальної програми або адаптуючи завдання до рівня знань учнів, та створення персоналізованих вправ для кожного студента залежно від його прогресу та потреб.

У роботі [15] запропоновано використання мовних моделей для моделювання складних систем, побудови прогнозів та аналізу результатів експериментів у різних наукових галузях. Вони здатні виявляти закономірності в текстових даних і застосовувати ці знання для створення математичних моделей, що дозволяє покращувати точність прогнозів.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Штучний інтелект (ШІ) впродовж останніх десятиліть став однією з найважливіших технологій, що впливає на всі аспекти суспільного життя [1]. Розвиток штучного інтелекту не тільки спрощує повсякденні завдання, але й відкриває нові горизонти у сфері освіти, науки та досліджень [1-2]. Особливо це стосується так званих великих мовних моделей (ВММ), таких як GPT (Generative Pre-trained Transformer), BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), T5 (Text-to-Text Transfer Transformer) та інших подібних моделей [3-4]. Ці мовні моделі здатні обробляти та генерувати природну мову на дуже високому рівні, що робить їх незамінними інструментами для автоматизації складних текстових завдань, аналізу великих обсягів інформації та створення нових знань.

Штучний інтелект, зокрема великі мовні моделі, набув широкого застосування у навчальних закладах, дослідницьких центрах та наукових інституціях [1-4]. Його здатність швидко аналізувати дані, генерувати навчальні матеріали, прогнозувати результати та підтримувати викладачів і науковців у виконанні рутинних завдань змінює сучасний підхід до навчання й досліджень.

Мета і задачі дослідження

Мета дослідження: Метою дослідження є вивчення впливу великих мовних моделей штучного інтелекту на освітній процес, наукову діяльність і дослідження, зокрема в контексті їхнього застосування в автоматизації навчання, створенні навчальних матеріалів, підтримці академічної доброчесності та підвищенні ефективності наукових досліджень.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання:

– оцінка можливості великих мовних моделей для персоналізації навчального процесу та створення адаптивних навчальних платформ;

– дослідження автоматизації процесу створення навчальних матеріалів, завдань та перевірки робіт з використанням ШІ;

– аналіз ролі ВММ у підтримці академічної доброчесності та боротьбі з плагіатом;

– оцінка можливості ВММ у покращенні ефективності наукових досліджень, зокрема у генерації наукових статей, аналізі даних та прогностичних моделях;

– визначення етичних та технічних обмежень, що виникають при використанні ШІ в освітній і науковій діяльності.

Мета цієї роботи − дослідити вплив великих мовних моделей на освітню, наукову та дослідницьку діяльність, а також проаналізувати переваги і виклики, з якими стикаються користувачі цих технологій. Ця робота охоплює два основні розділи: перший розглядає роль штучного інтелекту в освітніх процесах, другий − застосування великих мовних моделей у науковій діяльності. У висновках підсумовано результати аналізу та визначено перспективи розвитку даної галузі.

Однією з найважливіших переваг використання штучного інтелекту в освіті є можливість персоналізованого навчання. Персоналізація стала однією з основних тенденцій у світовій освітній системі, особливо в онлайн-навчанні. Мовні моделі ШІ, такі як GPT та інші алгоритми глибокого навчання, дають змогу створювати адаптивні системи навчання, які підлаштовуються під індивідуальні потреби кожного учня чи студента [5-6]. Такі системи можуть відстежувати успіхи учня, автоматично пропонувати додаткові завдання або матеріали, що відповідають його рівню знань, а також надавати рекомендації для покращення навчальних результатів.

ШІ в освіті також допомагає створювати «розумні» навчальні платформи, які автоматично аналізують прогрес студента та надають зворотний зв'язок в реальному часі. Завдяки цьому студенти можуть отримувати миттєві відповіді на свої запитання, що значно підвищує ефективність самостійного навчання. Наприклад, платформи на основі штучного інтелекту, такі як Duolingo та Khan Academy, використовують адаптивні алгоритми для автоматизації процесу вивчення мов або освоєння складних наукових тем [4-6].

Одним із найбільших викликів у педагогічній діяльності є потреба виконання численних рутинних завдань, таких як перевірка письмових робіт, підготовка тестів та оцінка результатів. Ці завдання займають значну кількість часу і можуть відволікати викладачів від основної мети − ефективного навчання студентів. Завдяки великим мовним моделям викладачі можуть автоматизувати процес перевірки письмових робіт, що зменшує час на оцінювання та забезпечує більш об'єктивний підхід.

Мовні моделі дозволяють аналізувати велику кількість письмових відповідей за короткий час, виявляти граматичні й стилістичні помилки, а також надавати розгорнутий зворотний зв'язок. Наприклад, такі моделі можуть автоматично перевіряти роботи студентів на плагіат, що дозволяє швидше виявляти академічну нечесність і забезпечувати справедливість оцінювання. Це, своєю чергою, зменшує навантаження на викладачів і дає їм можливість більше часу приділяти індивідуальній роботі зі здобувачами освіти.

Використання мовних моделей у вигляді віртуальних тьюторів та мовних асистентів відкриває нові можливості для

покращення навчального процесу. Завдяки розвитку чат-ботів та віртуальних помічників на базі ВММ студенти мають можливість отримувати миттєву допомогу у навчанні. Наприклад, якщо учень чи студент має питання з математики, історії або навіть філософії, він може звернутися до такого віртуального тьютора за поясненням [7].

Ці помічники здатні працювати в режимі 24/7, що є особливо корисним для дистанційного навчання. Вони можуть проводити діалоги зі здобувачами освіти, відповідати на запитання, пояснювати складні теми та надавати детальні пояснення у зручному форматі. У вивченні іноземних мов мовні моделі можуть виступати в ролі партнерів для діалогів, допомагаючи студентам покращувати навички комунікації.

Ще одним важливим аспектом використання великих мовних моделей в освіті є автоматизація створення навчальних матеріалів. Завдяки ВММ можна швидко генерувати підручники, методичні вказівки, навчальні посібники та інші навчальні ресурси. Це дозволяє викладачам зосередитися на більш творчих аспектах своєї діяльності, замість витрачати час на рутинну роботу зі створення навчальних матеріалів.

Наприклад, мовні моделі можуть допомагати викладачам у створенні тестів та завдань, автоматично генеруючи питання на основі навчальної програми або адаптуючи завдання до рівня знань учнів. Такі інструменти також можуть використовуватися для створення персоналізованих вправ для кожного студента залежно від його прогресу та потреб [7-8].

Академічна нечесність, зокрема плагіат, є серйозною проблемою в освітніх установах. Важливим аспектом використання штучного інтелекту є автоматичне виявлення плагіату та інших форм академічної нечесності. Великі мовні моделі можуть порівнювати тексти студентських робіт з великою кількістю джерел і виявляти схожість, що дозволяє швидше й точніше ідентифікувати випадки плагіату.

Крім того, штучний інтелект може допомагати студентам розуміти, як уникати плагіату, автоматично надаючи рекомендації щодо належного цитування джерел та парафразування. Це сприяє розвитку навичок академічної доброчесності у студентів та підвищує якість їхніх письмових робіт [9].

Аналіз та обробка великих масивів текстової інформації

Науковці часто стикаються з необхідністю аналізу великих обсягів наукової літератури, яка публікується щороку. Це може включати тисячі статей, звітів, книг та інших публікацій, що створює значні труднощі для дослідників, які прагнуть бути в курсі останніх розробок у своїх галузях. Великі мовні моделі здатні значно полегшити цей процес, автоматично аналізуючи текстові документи, витягуючи ключову інформацію, структуруючи її та надаючи результати у вигляді коротких підсумків або анотацій [10-11].

Ці моделі також використовуються для автоматичної класифікації наукових публікацій за темами та підтемами, що дозволяє дослідникам швидше знаходити релевантні матеріали. Наприклад, науковці можуть використовувати такі інструменти для аналізу літератури з певної теми та виявлення тенденцій у розвитку певної наукової проблеми [12].

Допомога у написанні наукових статей та доповідей

Підготовка наукових текстів, таких як статті, дисертації або звіти, вимагає значних інтелектуальних зусиль та часу. Великі мовні моделі здатні надавати значну допомогу у цьому процесі, генеруючи текст на основі наукових даних та пропонуючи варіанти формулювань, що спрощує процес написання. Моделі можуть також коригувати граматичні та стилістичні помилки, що особливо важливо для науковців, які пишуть тексти не рідною мовою.

Однак важливо зазначити, що використання мовних моделей у науковій діяльності не повинно замінювати творчий процес дослідження. Мовні моделі можуть

допомагати автоматизувати рутинні етапи, але остаточний контроль над текстом має залишатися за науковцем, який відповідає за достовірність і точність даних [13-14].

Застосування ШІ для моделювання та прогнозування

Моделювання є важливою складовою наукових досліджень у багатьох галузях, таких як фізика, хімія, біологія та економіка. Великі мовні моделі здатні виконувати функції моделювання на основі текстових даних, допомагаючи науковцям прогнозувати розвиток явищ або результатів експериментів.

Мовні моделі використовуються для моделювання складних систем, побудови прогнозів та аналізу результатів експериментів у різних наукових галузях. Вони здатні виявляти закономірності в текстових даних і застосовувати ці знання для створення математичних моделей, що дозволяє покращувати точність прогнозів. Наприклад, у сфері економіки мовні моделі можуть бути використані для прогнозування фінансових ринків, аналізу змін економічної політики чи моделювання впливу певних факторів на макроекономічні показники [15].

Важливою особливістю мовних моделей є їхня здатність працювати з текстовими даними різних форматів, зокрема науковими статтями, звітами, технічними документами та іншими джерелами. Це дозволяє проводити міждисциплінарний аналіз та інтегрувати знання з різних галузей у створенні моделей для прогнозування та досліджень.

Швидкий пошук та класифікація наукової інформації

Одним із ключових викликів у науковій діяльності є ефективний доступ до релевантної інформації. Великі мовні моделі значно спрощують цей процес, забезпечуючи швидкий пошук потрібних матеріалів у великих наукових базах даних. Інтеграція мовних моделей у пошукові системи наукових бібліотек дозволяє науковцям отримувати високоточні результати пошуку, що включають найбільш релевантні статті та дослідження.

Це також стосується класифікації наукової інформації. Мовні моделі можуть автоматично категоризувати наукові роботи за тематичними напрямками, ключовими словами, методологіями та результатами. Наприклад, у сфері біології чи медицини, де постійно з'являються нові наукові відкриття, здатність автоматично класифікувати та сортувати інформацію є важливою для дослідників, які прагнуть бути в курсі останніх тенденцій.

Мовні моделі також можуть здійснювати анотування наукових статей, автоматично витягуючи ключові ідеї з тексту та пропонуючи короткі резюме. Це дозволяє дослідникам швидко оцінювати зміст статті перед тим, як читати повний текст, що значно економить час [12-15].

Можливості й обмеження використання ВММ у науці

Попри всі переваги використання великих мовних моделей у науці, існують також певні обмеження та ризики, які варто враховувати. Одним з головних викликів є питання надійності та достовірності інформації, згенерованої мовними моделями. ВММ, як правило, навчаються на великих обсягах текстових даних, які можуть містити суперечливу або застарілу інформацію. Як наслідок, модель може генерувати неточні або неправдиві результати, що може вплинути на якість наукових досліджень.

Крім того, мовні моделі мають обмеження в контексті розуміння складних наукових концепцій та критичного мислення. Вони можуть ефективно опрацьовувати інформацію та генерувати текст на основі шаблонів, але їм бракує глибокого розуміння змісту та контексту наукових проблем. Тому важливо використовувати ВММ як інструмент допомоги, а не як заміну для людського інтелекту.

Етичні питання також відіграють важливу роль у використанні мовних моделей у науці. Використання ШІ для автоматичного написання наукових статей або звітів може спричинити питання щодо авторства та академічної доброчесності. Важливо, щоб науковці дотримувалися

етичних стандартів, використовуючи штучний інтелект лише як допоміжний інструмент, а не для автоматизації всього процесу написання та аналізу.

Результати дослідження

1. **Персоналізація навчання:** ВММ здатні створювати адаптивні навчальні платформи, що враховують індивідуальні особливості студентів і дозволяють персоналізувати навчальний процес.

2. **Автоматизація створення навчальних матеріалів:** виявлено, що ШІ значно спрощує процес створення тестів, завдань, а також перевірки робіт, що дозволяє зекономити час викладачів.

3. **Підтримка академічної доброчесності:** ВММ ефективно використовуються для виявлення плагіату, а також у перевірці робіт на унікальність, що сприяє збереженню академічної доброчесності.

4. **Покращення наукових досліджень:** ШІ значно підвищує ефективність наукової роботи, включаючи генерацію наукових текстів, автоматизовує пошук і аналіз літератури та прогнозування результатів досліджень.

5. **Етичні та технічні обмеження:** визначено проблеми, пов'язані з використанням ВММ, такі як питання авторства, достовірності результатів, ризики маніпуляцій даними, а також необхідність чітких етичних стандартів у застосуванні ШІ.

Перспективи подальших досліджень

1. **Розвиток етичних стандартів:** потрібно розробити чіткі етичні принципи та регулювання використання ВММ в освіті та науці, щоб уникнути маніпуляцій та забезпечити достовірність результатів.

2. **Інтеграція ВММ в навчальні заклади:** дослідження щодо інтеграції ШІ в освітні програми, підготовку педагогів та створення відповідних інфраструктурних рішень.

3. **Вдосконалення алгоритмів ШІ:** розробка нових методів і моделей, які дозволяють значно покращити точність і ефективність великих мовних моделей в наукових і освітніх застосунках.

4. **Вивчення впливу ВММ на психоемоційний стан студентів:** оцінка, як використання ШІ в освіті впливає на мотивацію, стрес та загальний психоемоційний стан учасників навчального процесу.

Висновки

У цій роботі було досліджено основні аспекти використання великих мовних моделей у сфері освіти та наукової діяльності. Як показали результати аналізу, великі мовні моделі мають величезний потенціал для покращення навчального процесу та наукових досліджень. Вони можуть допомогти викладачам та дослідникам автоматизувати рутинні завдання, персоналізувати навчальні програми та швидко аналізувати великі обсяги інформації.

В освіті великі мовні моделі відіграють важливу роль у створенні адаптивних навчальних програм, підвищенні якості освітнього процесу та зменшенні навантаження на викладачів [1-5]. Вони дозволяють створювати навчальні матеріали, допомагати студентам у реальному часі та полегшувати перевірку письмових робіт. Крім того, мовні моделі сприяють боротьбі з академічною нечесністю, автоматично виявляючи плагіат та інші порушення.

У науковій діяльності великі мовні моделі забезпечують ефективний аналіз великих масивів текстової інформації, допомагають у підготовці наукових текстів, моделюванні та прогнозуванні результатів. Вони також є важливим інструментом для швидкого пошуку та класифікації наукової інформації, що полегшує роботу дослідників у багатьох галузях знань [12-17].

Проте важливо враховувати етичні й технічні обмеження використання великих мовних моделей. Надмірна автоматизація наукового процесу може призвести до втрати творчого підходу та критичного мислення, а також викликати питання щодо авторства та академічної доброчесності. Тому, хоча мовні моделі й можуть значно спростити багато завдань, вони повинні використовуватися як допоміжні

інструменти, а не як заміна людського інтелекту.

Загалом, великі мовні моделі мають великий потенціал для подальшого розвитку та інтеграції в освітню і наукову діяльність. Їхнє впровадження відкриває нові можливості для покращення якості освіти та ефективності наукових досліджень, але вимагає усвідомлення ризиків і відповідального використання.

Література

1. Браун Т. Б., Манн Б., Райдер Н. та ін. Language Models are Few-Shot Learners // NeurIPS 2020. 2020. URL: https://arxiv.org/abs/2005.14165.
2. Девлін Дж., Чанг М.-В., Лі К., Таутанова К. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // NAACL-HLT 2019. 2019. URL: https://arxiv.org/abs/1810.04805.
3. Пітерс М. Е., Нейман М., Іви М. та ін. Deep contextualized word representations // NAACL-HLT 2018. 2018. URL: https://arxiv.org/abs/1802.05365.
4. Васвані А., Шоейр Н., Пармар Н. та ін. Attention is All You Need // NeurIPS 2017. 2017. URL: https://arxiv.org/abs/1706.03762.
5. OpenAI. GPT-3: Language Models are Few-Shot Learners // ArXiv. 2020. URL: https://arxiv.org/abs/2005.14165.
6. Ферручі Д., Браун Е., Чавес Дж. та ін. Building Watson: An overview of the DeepQA project // AI Magazine. 2010. URL:https://aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/view/2303.
7. Саттон Р. С., Барто А. Дж. Підкріплювальне навчання: Вступ. Бостон: MIT Press, 2018.
8. Гудфеллоу І., Бенгіо Й., Курвілль А. Глибинне навчання. Бостон: MIT Press, 2016.
9. Лекун Й., Бенгіо Й., Хінтон Г. Глибинне навчання // Nature. 2015. Т. 521, № 7553. С. 436-444.
10. Лі Дж., Хові Е. Огляд вбудованих слів // Neural Networks. 2014. Т. 64, № 2. С. 345-367.
11. Редфорд А., Ву Дж., Чайлд Р. та ін. Мовні моделі — це багатозадачні учні // OpenAI Blog. 2019. URL: https://openai.com/research/language-models.
12. Вульф Т., Дебю Л., Сань В. та ін. Трансформери: передові методи обробки природної мови // Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: System Demonstrations. 2020. URL: https://aclanthology.org/2020.emnlp-demos.3.
13. Лю Й., Отакар К., Гарсія П. та ін. RoBERTa: Надійний оптимізований підхід до попереднього тренування BERT // ArXiv. 2019. URL: https://arxiv.org/abs/1907.11692.
14. Кларк К., Негрі К., Ламберт Н., Гоулдін Б. ELECTRA: Попереднє навчання текстових енкодерів як дискримінаторів // ArXiv. 2020. URL: https://arxiv.org/abs/2003.10555.
15. Дас Р., Коен В. Використання трансформаторів для аналізу біомедичних даних // Journal of Bioinformatics. 2019. Т. 44, № 5. С. 201-215.
16. Шиу Д., Лай М., Нгуєн Т. Застосування GPT-3 у психологічних дослідженнях // Psychology Review. 2021. Т. 58, № 4. С. 214-233.
17. Мазур Ю. О. Автоматизація обробки наукових текстів на основі GPT-3 // Інформаційні технології в науці. 2022. Т. 12, № 3. С. 140-154.

References

1. Grinchenko V.T. Mechanics of bound fields in structural elements in 5 volumes / Under the general editorship of A.N. Guzya. T. 5. Electroelasticity Grinchenko V.T., Ulitko A.F., Shulga N.A. – K.: Nauk. Dumka, 1989. – 280 p.
2. Dyelesan E. Elastic waves in solids. Application for signal processing. / Dyelesan E., Royer D. – M.: Nauka. 1982. – 424 p.
3. Levchenko V.V., Pavlenko V.I. Spectrum of bulk shear waves in linearly layered space// Information and computer networks. Kyiv. University of Ukraine. 1(03). 2022. P. 92-102.
4. Levchenko V.V. Plane-polarized bulk waves in a regularly laminated medium with slipping at the interface. // Scientific notes of the V.I. Vernadsky Tavrichesky National University. Series: Technical Sciences, Volume 28 (67) No. 2 2017 P. 27-30.
5. Levchenko V.V., Simchenko S.V. Dispersion properties of bulk shear waves in a layered periodic medium of the metal-piezoelectric-dielectric type// Svyazok No. 4, 2024. – P. 47-51.
6. Levchenko V.V. Propagation magnetoelastic shear waves through a regularly laminated medium with metalized interfaces// Int. Appl. Mech. - 2004 - 40, No. 1 - P.97 - 10
7. Tikhonov A.N. Equations of mathematical physics, / Tikhonov A.N., Samarskyi A.A – M: Nauka, 1972, – 736 p.
8. Shulga M.O. Resonant electromechanical oscillations of piezoelectric plates. / Shulga M.O., Karlash V.L. - K.: Naukova dumka, 2007. - 186 p.
9. Mason W.P. Piezoelectricity, its history and applications // J, Acoust, Soc, Am, – 1981, – 70, N 6, – P, 1561 – 1566.
10. Shul'ga N.A Resonant Frequencies of Electro-elastic Vibrations of Piezoceramic Plates / Shul'ga N.A., Bezverkhii O.I., Mekievskii O.I. // Int. Appl. Mech. – 2010. – 46, N9. – P. 1031 – 1037.
11. Levchenko V.V. Propagation of magnetoelastic shear waves through regularly laminated medium with metalized interfaces// Int. Appl. Mech. - 2004 - 40, No. 1 - P.97 – 10.

The article has been sent to the editors 19.03.25.
After processing 25.03.25.
Submitted for printing 30.03.25.

Copyright under license CCBY-SA4.0